Aus der Abteilung für Vorklinische Prothetik,
Leiter: Professor Dr. Klaus Lehmann,
des Medizinischen Zentrums für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten
der Philipps-Universität Marburg.
Geschäftsführender Direktor:
Professor Dr. Dr. Hans-Jürgen Hering

VERGLEICHENDE UNTERSUCHUNGEN ZUR WIEDERGABEGENAUIGKEIT VON ELASTISCHEN ABFORMMATERIALIEN FÜR KRONEN UND BRÜCKEN BEIM DOPPEL- UND DOPPELMISCHABDRUCK

Inauguraldissertation
zur Erlangung der Doktorwürde der Zahnheilkunde
der Philipps-Universität Marburg
dem Medizinischen Fachbereich

vorgelegt von
Frauke Hartmann, geb. Lüder
aus Dörverden

1979

Marburg 1978

Aus der Abteilung für Vorklinische Prothetik,
Leiter: Professor Dr. Klaus Lehmann,
des Medizinischen Zentrums für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten
der Philipps-Universität Marburg.
Geschäftsführender Direktor:
Professor Dr. Dr. Hans-Jürgen Hering

VERGLEICHENDE UNTERSUCHUNGEN ZUR WIEDERGABEGENAUIGKEIT VON ELASTISCHEN ABFORMMATERIALIEN FÜR KRONEN UND BRÜCKEN BEIM DOPPEL- UND DOPPELMISCHABDRUCK

Inauguraldissertation
zur Erlangung der Doktorwürde der Zahnheilkunde
der Philipps-Universität Marburg

dem Medizinischen Fachbereich

vorgelegt von
Frauke Hartmann, geb. Lüder
aus Dörverden

Marburg 1978

Angenommen von dem Fachbereich Humanmedizin der
Universität Marburg/Lahn am 28.5.1979
gedruckt mit Genehmigung des Fachbereiches.

Dekan: Professor Dr. F. Neurath
Referent: Professor Dr. K. Lehmann
Correferent: Professor Dr. H.F. Schmidt

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

INHALTSVERZEICHNIS

		Seite
I	Einleitung und Problemstellung	1
II	Erläuterungen zum Thema und Literaturübersicht	2
III	Methode und Materialien	5
	A) Versuchsanordnung	5
	1. Prüfkörper	5
	2. Abformung	6
	3. Herstellung der Modellstümpfe	8
	4. Ausmessen der Modelle	8
	5. Versiegelung mit Cyan-Acrylat	10
	6. Auswertung	10
	B. Materialien	11
	1. Einteilung und Verarbeitung der Abdruckmaterialien	11
	2. Die verschiedenen Abformtechniken	14
IV	Ergebnisse	20
V	Diskussion	45
VI	Zusammenfassung	50
VII	Literaturverzeichnis	51
VIII	Zusammenstellung der Meßprotokolle	55

INHALTSVERZEICHNIS

I Einleitung und Problemstellung 1

II Erläuterungen zum Thema und Literaturübersicht 2

III Methode und Materialien 3

A) Versuchsanordnung 5

1. Probekörper 5

2. Alterung 6

3. Herstellung der Modellsubstanz 8

4. Auswahl der Modelle 8

5. Verseifung mit Cyan-Acrylat 10

6. Auswertung 10

B. Materialien 11

1. Eurytalin und Verfahren der Abdruck-
materialien 11

2. Die verschiedenen Alginatmischungen 14

IV Ergebnisse 20

V Diskussion 45

VI Zusammenfassung 50

VII Literaturverzeichnis 51

VIII Zusammenstellung der Materialien 55

I Einleitung und Problemstellung

Festsitzender Zahnersatz verlangt neben korrekter Morphologie eine gute Paßgenauigkeit, denn fehlerhafte Kronengestaltung - schlechte anatomische Form und großer Spalt zwischen Präparationsgrenze und Kronenrand - begünstigen das Entstehen von Karies und marginalen Parodontopathien.

Voraussetzung für die gute Paßgenauigkeit, hauptsächlich die Arbeit des behandelnden Zahnarztes berücksichtigend, ist neben sorgfältigem Beschleifen der Zähne die Herstellung eines dimensionstreuen Modelles durch genaue Abformmaterialien und -methoden.

Sinn der vorliegenden Arbeit soll es sein, das Dimensionsverhalten verschiedener Abformmaterialien, deren Verarbeitung den klinischen Notwendigkeiten entspricht, zu prüfen.

Folgende Abdruckmaterialien wurden verwendet: Silaplast, Delicron, Elasticon, Tresident, Reprosil und Surgident Neo-Plex. Die Abdrücke wurden unmittelbar im Anschluß an die Abformung mit einer definierten Mischung des Spezialhartgipses Duroc/Aqua dest. ausgegossen und nach frühestens 48 Stunden lichtmikroskopisch vermessen.

II Erläuterungen zum Thema und Literaturübersicht

Die meisten pathologischen Reaktionen an überkronten Zähnen sind auf einen mangelhaften Randschluß zurückzuführen, wie GROPP und SCHWINDLING (10) in einer statistischen Untersuchung feststellten. Dies zeigt, wie wichtig neben exakter Gußtechnik die formgetreue Wiedergabe für die Paßgenauigkeit von festsitzendem Zahnersatz ist. Es erhebt sich die Frage, wie Paßgenauigkeit definiert ist. Sie wird innerhalb der klinisch zulässigen Grenzen von verschiedenen Autoren unterschiedlich weit gesteckt: DREYER-JÖRGENSEN (5) erlaubt Spaltbreiten bis zu 50µm, während WEIKART (36) 10 - 25µm fordert und REHBERG (22) einem Randspalt von 20µm das Prädikat "exakter Randschluß" erteilt. REHBERGs Forderung ist sicherlich ein Optimum dessen, was durch zahnärztliche Technik erreicht werden kann. Nach EINFELDT (6) erreicht man optimale Paßgenauigkeit durch die Abstimmung von Abformung, Modellherstellung und Gußtechnik aufeinander. Der Zahnersatz soll nach FINGER und LOCKOWANDT (9) und MEINERS (20) um die für den Befestigungszement erforderliche Schichtdicke überdimensioniert werden, da sonst eine Fehlpassung des fertigen Gußstückes resultiert. Die Dicke des Zementfilmes kann mit Werten zwischen 20 und 30µm angegeben werden (36 u. 6). Es gibt verschiedene Möglichkeiten, den Platz für die Zementschicht zu schaffen: MARXKORS (19) und SCHWINDLING (32) versuchen, den Platz zur Aufnahme des Befestigungszementes durch Herstellung eines vergrößerten Arbeitsmodelles zu erreichen. MEINERS (20) will die gewünschten Dimensionsänderungen durch die Gußtechnik herbeiführen, "da auf diese Art und Weise die gewünschte Über- oder Unterexpansion sehr exakt eingestellt und erreicht werden kann" und fordert aus diesem Grunde einen exakten Abdruck.

Wegen der Vielzahl der Veröffentlichungen zu Abdruckmaterialien und -methoden beschränkten wir uns in der Zusammenstellung der Literatur auf die letzten 10 Jahre. Die wichtigste Arbeit, eng im Zusammenhang mit den folgenden Untersuchungen stehend, wurde von BURGDORF (4) verfaßt.

Es wird dargestellt, wie sehr die Dimensionsgenauigkeit von Abdrücken nicht allein durch Abformmaterialien, sondern von der Abformmethode abhängig ist.

Zahlreiche Untersuchungen und Veröffentlichungen über das Dimensionsverhalten von Abdruckmaterialien liegen vor, u.a. von BERGER, MARXKORS und MEINERS (1), HERRMANN (11), HOFFMANN und LUDWIG (12), KÖRBER und LEHMANN (14), SAWYER, BIRTLESS und NEIMANN (25), SAWYER, DILTS und AUBRY (26), SCHWICKERATH (28) und STACKHOUSE (33). Einen wichtigen Einfluß auf das Dimensionsverhalten hat nicht allein das Material, sondern im wesentlichen die Abformmethode, wie aus verschiedenen Untersuchungen von SCHWINDLING (32), HERRMANN (11), HOFFMANN und LUDWIG (12), KÖRBER und LEHMANN (14) sowie von BOES (2) hervorgeht.

SCHWICKERATH (29) und REISBICK (24) stellten fest, daß die Genauigkeit der Materialien in gewissem Grade unabhängig von der Grundviskosität des Abformmaterials ist.

LEHMANN (14) gibt eine Übersicht über Abformmethoden und ihren klinischen Einsatz, während VIOHL (34) und SCHWICKERATH (27) beschreiben, wie wichtig es ist, nach Verarbeitungs- und Abbindezeit über die klinisch richtige Verwendung eines Abformmaterials zu entscheiden.

Von großer Bedeutung ist die geeignete Kombination von Abform- und Modellmaterialien, und daß durch gesteuerte Verarbeitung exakte Arbeitsmodelle entstehen (FINGER und LOCKOWANDT (9)). Ähnliches fordern HOFFMANN (13) und VOSS (35).

Untersuchungen über Modellmaterialien (LEHMANN und LANGE (17)) und über Gipse (v.MERKATZ und KLÖTZER (21)) ergaben nämlich sehr unterschiedliches Dimensionsverhalten der Modellgipse. Für unsere Arbeit erschien Duroc nach obigen Untersuchungen am geeignetsten, da er einfach zu verarbeiten ist, ausreichend hart ist und mit 0,07 % lin. Abbindeexpansion ein gutes Dimensionsverhalten besitzt.

FINGER und LOCKOWANDT (8) stellten fest, daß durch verschiedene Abformmassen eine erhebliche Härteminderung des Gipses eintritt. Um der Forderung nachzukommen, möglichst abrasionsfeste Stumpfmodelle für die Metallverarbeitung zu erhalten, werden die Stümpfe mit Cyan-Acrylat versiegelt. Aus diesem Grunde interessiert uns auch das Dimensionsverhalten der so behandelten Stümpfe. BUDZINSKI (3) und ESHLEMAN (7) stellten bei Behandlung der Modelle mit einem Härterlack nur einen geringen Verlust an Genauigkeit fest.

Abschließend sei auf die beiden ausführlichen Veröffentlichungen über Abformmaterialien von MEINERS (20) und REHBERG (23) hingewiesen, die dem Zahnarzt ausgezeichnete Hinweise zur Verbesserung seiner Abformmethoden bieten.

III Methode und Materialien

A) Versuchsanordnung

1. Prüfkörper

Die hier verwendete Versuchsanordnung wurde von LEHMANN und LANGE (17) für ihre Untersuchungen über das Dimensionsverhalten von Abdruckmaterialien und Modellgipsen aufgebaut. Auch BURGDORF (4) benutzte sie für Untersuchungen zu ein- und zweizeitigen Abformverfahren für Kronen und Brücken.

Das abzuformende, zahnstumpfähnliche Modell ist ein Kegelstumpf aus Werkzeugstahl. Der Kegeldorn hat eine Höhe von 11 mm, seine Basis einen Durchmesser von 6,35 mm und seine Spitze einen Durchmesser von 5,8 mm; er entspricht der DIN-Norm 2221/B6 (Abb. 1 und 4).

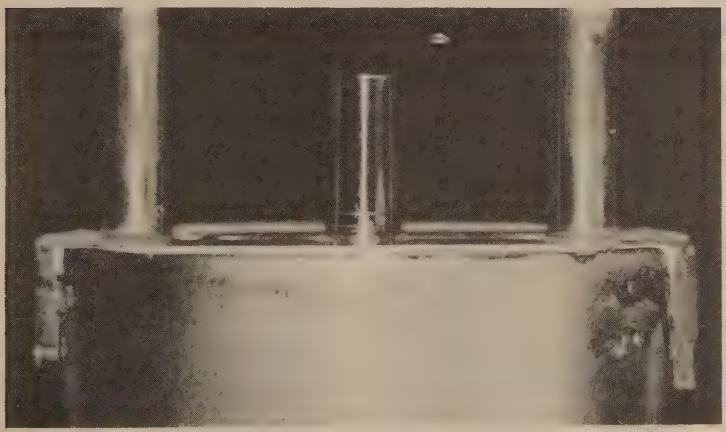

Abb. 1: Prüfkörper mit Führungsstiften

Mit Hilfe von zwei Führungsstiften wird ein Abformlöffel über den Kegeldorn bis auf die Grundplatte geführt. Als Abformlöffel dienen perforierte Metallzylinder mit einem Durchmesser von 20 mm und einer Höhe von 16 mm. Durch Markierungen an den individuellen Löffeln und der Basis des Prüfkörpers kann stets die gleiche Einschubrichtung des Löffels eingehalten werden, was besonders bei Doppelabdrücken von Bedeutung ist. Es besteht allseits mindestens 0,5 cm Platz für das Abformmaterial (Abb. 2).
Bei den Versuchen mit Platzhalter wurde über den Kegeldorn ein Zylinder aus dem Autopolymorisat Palavit G gestülpt. Er hatte eine Wandstärke von 1,5 mm.

2. Abformung

Die Abdruckmaterialien wurden nach Vorschrift der Hersteller angemischt und je nach Abdruckmethode in den Löffel eingebracht. Das dünnfließende Material wurde mit einer Abdruckspritze um den Kegelstumpf gespritzt. Danach wurde der Abdrucklöffel über die beiden Führungsstifte auf das Abformmodell bis zum Anschlag gesenkt, so daß das Material drucklos aushärten konnte (Abb. 2 und 3). Für jedes Material bzw. jede Methode fertigten wir 10 Modelle.

Abb. 2: Abdrucklöffel über Führungsstifte geschoben

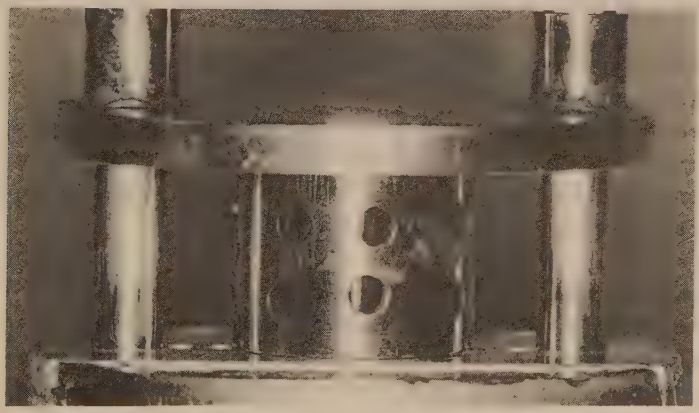

Abb. 3: Abdrucklöffel über den Prüfkörper abgesenkt

3. Herstellung der Modellstümpfe

Unmittelbar nachdem die Abdrücke ausgehärtet waren, wurden sie mit einer definierten Mischung Duroc/ Aqua dest. ausgegossen.

Der Spezialhartgips wurde in einem Vakuumgerät der Firma Degussa angemischt und mit Hilfe eines Rüttlers in die Stumpfnegative eingebracht.

Nach Entformen der Gipsstümpfe aus den Abdrücken - frühestens nach 30 Minuten - wurden diese mindestens 48 Stunden trocken gelagert und anschließend vermessen.

4. Ausmessen der Modelle

Der überschüssige Gips an der Basis der Stümpfe wurde so abgeschliffen, daß die Modellstümpfe stabil auf einer Plexiglashalterung unter einem Meßmikroskop der Firma Leitz/Wetzlar (Nr. 624 106) vermessen werden konnten. Die Meßgenauigkeit dieses Mikroskops liegt unter 0,005 mm.

Der Durchmesser der Modellstümpfe wurde von der Spitze des Kegelstumpfes ausgehend 7 mal in Abständen von 2 mm vermessen, nur der letzte Durchmesser an der Basis wurde nach bereits 1 mm zum vorigen bestimmt. Im Anschluß wurde der Gipsstumpf um 90° gedreht und nochmals wie oben beschrieben vermessen.

Die Stumpfbreiten bei den 12 Versuchsreihen ergaben je nach dem Dimensionsverhalten Auskunft über die Genauigkeit der Abformmaterialien. Es wurden zwar Positive vermessen; durch konstante Versuchsbedingungen für die Modellherstellung wurden jedoch die eigentlich interessierenden Änderungen der Lumina der Abformungen erfaßt.

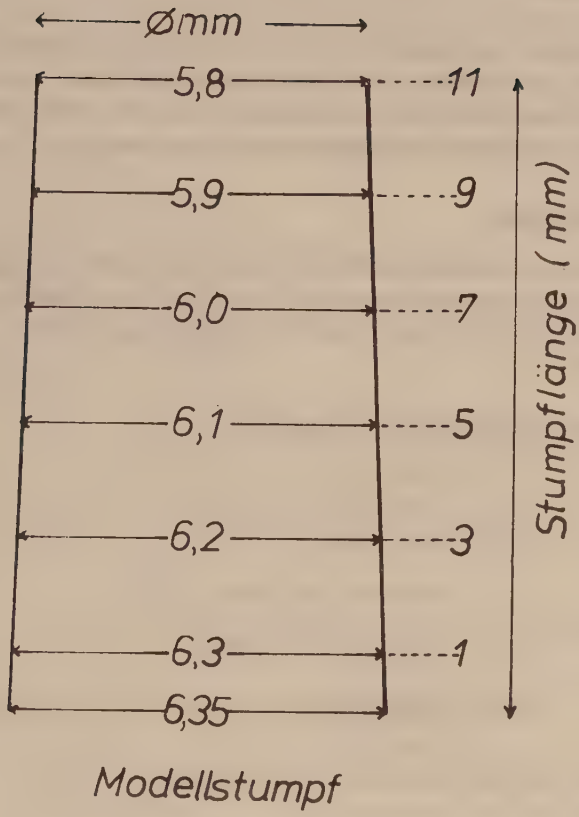

Abb. 4: Maße des Modellstumpfes

5. Versiegelung mit Cyan-Acrylat

10 Stümpfe einer Versuchsreihe wurden mit Cyan-Acrylat versiegelt.

Dazu wurde ein Tropfen des Lackes mit Hilfe eines Wattepellets gleichmäßig über die Stumpfoberfläche verteilt. Die Schichtdicke des Versieglers wurde an jedem Stumpf an zwei willkürlich gewählten Stellen vermessen.

6. Auswertung

Aus je 20 Einzelmeßwerten für eine bestimmte Stumpfbreite bei 10 Modellstümpfen einer Versuchsreihe wurden das arithmetische Mittel $\bar{x}$ und die Standardabweichung s errechnet.

Folgende Formel wurde angewandt:

$$s = \pm \sqrt{\frac{\sum x_i^2 - \bar{x} \cdot \sum x_i}{(n-1)}}$$

s = einfacher mittlerer Fehler

x_i = Summe der Einzelwerte

$\bar{x}$ = arithmetisches Mittel der Einzelwerte

n = Anzahl der Einzelwerte

B) Materialien

1. Einteilung und Verarbeitung der Materialien

Nach REHBERG (23) werden die Abdruckmaterialien wie folgt klassifiziert:

A 1. Reversibel - starr
(Kompositionsmassen, Massen auf Wachs-Harz-Basis und Guttapercha)
2. Reversibel - elastisch
(Massen auf Agar-Agar-Basis)
B 1. Irreversibel - starr
(Gips, Zinkoxid-Eugenolpasten und die Massen auf Kunststoff-(PMMA-)Basis)
2. Irreversibel - elastisch
(elastomere Abformmaterialien auf Polysulfid-, Silikon- und Polyätherbasis sowie die Alginate)

Die Arbeit beschäftigt sich mit den Materialien der Gruppe B 2. In den Versuchsreihen wurde nur eine Polysulfidabformmasse und sonst Silikonabformmassen verwendet.

Die Verarbeitung erfolgte nach den Angaben der Hersteller:

Silaplast:	Dosierung	: 1 Meßlöffel Silaplast 1 Meßlöffel Härter
	Mischzeit	: ca. 30 Sekunden
	Verarbeitungszeit	: ca. 1 1/4 Min. ab Mischbeginn
	Abbindezeit	: ca. 3 3/4 Min. ab Mischbeginn
Delicron :	Dosierung	: pro Teilstrich Delicron regular body auf dem Anmischblock 1 Tropfen Elastomer-Härter, dem bis zur Markierung mit light body aufgefüllten Anmischschälchen werden 10 - 12 Tropfen Elastomer-Härter hinzugefügt
	Mischzeit	: jeweils 30 Sekunden
	Abbindezeit	: Aushärtung insgesamt 5 Min. nach Mischbeginn

Tresident Weiß:	Dosierung	: Gewünschte Menge auf einer Platte auf 5 mm Dicke ausformen, Fläche in 1 cm^2 große Felder aufteilen und pro Feld 1 Tropfen Tesident-Weiß-Härter zugeben
	Mischzeit	: 30 Sekunden
	Abbindezeit	: 3 Minuten
Tresident Rot und Blau	: Dosierung	: pro Teilstrich Tubenmaterial im Meßbecher 8 Tropfen Härter Tresident Rot bzw. Blau
	Mischzeit	: 45 Sekunden
	Abbindezeit	: 3 Minuten
Reprosil heavy body	: Dosierung	: gleiche Stranglängen Basis- und Katalysatorpaste
	Anmischzeit	: 45 Sekunden
	Abbindezeit	: 2 Minuten bei Mundtemperatur
Reprosil light body und regular body	: Dosierung	: jeweils gleiche Stranglängen Basis- und Katalysatorpaste
	Anmischzeit	: 45 Sekunden
	Verarbeitungszeit	: 3 1/2 Minuten ab Mischbeginn
	Abbindezeit	: 3 1/2 Minuten bei Mundtemperatur
Tray Elasticon:	Dosierung	: pro Teilstrich Tray Elasticon auf dem Anmischblock 1 Tropfen Tray Elasticon-Härter
	Anmischzeit	: Mischen bis zur Homogenität
	Abbindezeit	: 4 Minuten
Syringe Elasticon	: Dosierung	: pro Teilstrich Syringe Elasticon auf dem Anmischblock 1 Tropfen Syringe Elasticon-Härter
	Anmischzeit	: Mischen bis zur Homogenität
	Abbindezeit	: keine Zeitangabe

Surgident Neo-Plex regular body	Dosierung	: gleiche Stranglängen Basispaste und Akzelerator
	Anmischzeit	: maximal 1 Minute
	Verarbeitungszeit	: 4 Minuten
	Abbindezeit	: der Abdruck sollte 7 Minuten im Mund verbleiben

Surgident Neo-Plex light body	Dosierung	: gleiche Stranglängen Basispaste und Akzelerator
	Anmischzeit	: maximal 1 Minute
	Abbindezeit	: der Abdruck sollte 7 Minuten im Mund verbleiben

Der Spezialhartgips Duroc wurde für die Stumpfmodelle folgendermaßen angemischt:

100 g Duroc/24 ccm Aqua dest.
Anmischen im Vakuumgerät der Firma Degussa
(30 Sekunden)

2. Die verschiedenen Abformtechniken

Nach LEHMANN (15) gibt es folgende Möglichkeiten zur Abformung präparierter Pfeiler im Gesamtabdruck:

a) Zweiphasige Abdrücke (zweizeitige Zweikomponentenabformung)
   1. Doppelabdruck
   2. Korrekturabdruck

b) Einphasige Abdrücke (einzeitige Ein- und Zweikomponentenabformung)
   1. Abdrücke mit einer Materialkomponente
   2. Abdrücke mit zwei Materialkomponenten (Elastomere oder Hydrokolloid)

zu a): Hierbei wird mit einem stark viskosen Material ein Vorabdruck genommen; dieser wird mit einem dünnfließenden Elastomer beschickt und auf den Kiefer zurückgesetzt. Auf diese Weise soll durch eine Art Stempelwirkung der präparierten Zähne auf die dünnere Abformmasse diese in die Zahnfleischtasche gepreßt werden. Beim Doppelabdruck erfolgt der Erstabdruck über einen Platzhalter oder vor der Präparation der Pfeiler, und die Korrektur wird nach Entfernen des Platzhalters oder nach der Präparation vorgenommen. In unseren Versuchen 1, 2, 3, 5, 6 und 8 wurde der Erstabdruck mit 1,5 mm Platzhalter genommen, um oben beschriebene Bedingung zu schaffen.

Beim Korrekturabdruck erfolgen Erstabdruck und Korrektur nach der Präparation des Pfeilers.

Zu b): Bei diesen Abdrücken wird dünnfließendes Material mit der Abdruckspritze in die geöffnete Zahnfleischtasche und um den Stumpf gespritzt. Über die noch nicht abgebundene Masse erfolgt dann ein Abdruck mit chemisch gleichartigem Material. Während bei der Einkomponentenabformung das gleiche Material wie in der Spritze im individuellen Löffel verwendet wird, kommt beim Doppelmischabdruck ein zähplastischeres Zweitmaterial zur Anwendung.

Doppelmischabdrücke sind von großer Dimensionstreue, da sich das viskösere Material wegen seines höheren Füllungsgrades volumenstabiler verhält als die dünnfließende Masse, die auch nur in dünner Schicht in Erscheinung tritt und der Abdruck im wesentlichen aus dem zähfließenden, im Löffel eingebrachten Material besteht.

Die Sandwichtechnik ist eine Modifikation des Doppelmischabdruckes mit Elastomeren. Hierbei wird auf die zähfließende Masse im Löffel das dünnfließende Material geschichtet und dann zum Abdruck in den Mund eingebracht.

Folgende Abformtechniken wurden geprüft:

A) Doppelabdruck (Platzhalter 1,5 mm)
   a) Silaplast - Delicron
   b) Silaplast - Elasticon
   c) Tresident Weiß - Rot
   d) Tresident Weiß - Blau
   e) Reprosil heavy body - light body

B) Doppelabdruck (Platzhalter 1,5 mm und Folie)
   Tray Elasticon - Syringe Elasticon

C) Einzeitige Abformung (zwei Komponenten)
   a) Tresident Weiß - Rot
   b) Surgident Neo-Plex regular body - light body
   c) Tray Elasticon - Syringe Elasticon
   d) Reprosil heavy body - light body

D) Einzeitige Abformung (eine Komponente)
   Reprosil regular body

Als Versuchsreihe 12 wurden die Stümpfe der Versuchsreihe 2 mit Cyan-Acrylat versiegelt.

Es war nicht möglich, drei weitere geplante Doppelabdruckmethoden in ihrem Dimensionsverhalten zu prüfen, da keine Haftung zwischen Erstabdruck und Korrekturmaterial zustande kam.

Es handelt sich um folgende Abformmethoden und -materialien:

1. Doppelabdruck Silaplast - Permagum.
   Der Abbindevorgang von Permagum wird durch Silaplast beeinträchtigt, auch mit Haftlack im Erstabdruck. (Angaben des Herstellers bestätigt).

2. Doppelabdruck Silaplast - Surgident Neo-Plex.
   Das Korrekturmaterial verbindet sich nicht mit Silaplast, auch der Haftlack verbessert die Haftung nicht. (Chemisch bedingte Unverträglichkeit Silikon - Polysulfid).

3. Doppelabdruck Silaplast - Reprosil.
   Keine Verbindung der beiden Komponenten, auch mit Haftlack nicht.

In den Versuchen (1, 2, 5, 6 und 8) wurden Doppelabdrücke mit 1,5 mm Platzhalter genommen. Der Erstabdruck erfolgte mit Silaplast, Tresident Weiß (Knetsilikone) und Reprosil heavy body (schwerfließendes Silikon). Nach Aushärten des Erstabdruckmaterials wurde der Platzhalter entfernt, Korrekturmaterial (Delicron heavy body, Tray Elasticon, Tresident Rot und Blau) in das Lumen des Erstabdrucks eingebracht und bei Anwendung eines zweiphasigen Korrekturmaterials (Delicron light body und Syringe Elasticon) die dünnfließende Komponente um den abzuformenden Stumpf gespritzt. Die Schichtdicke des Korrekturmaterials betrug auf diese Weise immer 1,5 mm.

Eine Schematisierung zweier Schnitte durch den Abdrucklöffel geben die Abbildungen 5 und 6 wieder.

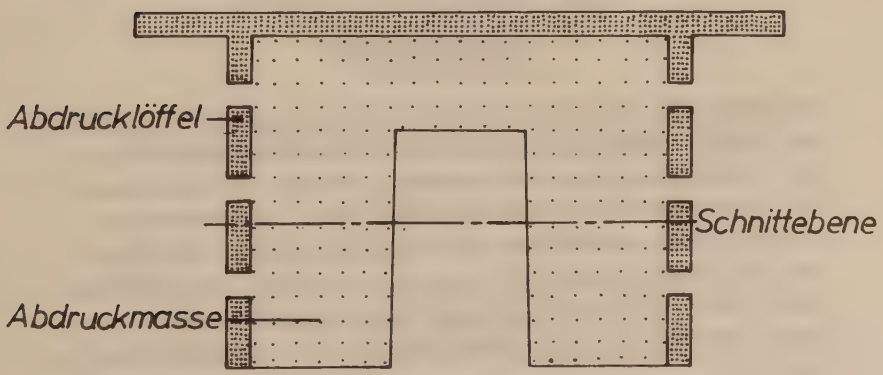

Abb. 5: Schematisierter Schnitt durch den Abdrucklöffel mit Abformmaterial.
Die Schnittebene entspricht der Schnittfläche der Abbildungen 6 und 7.

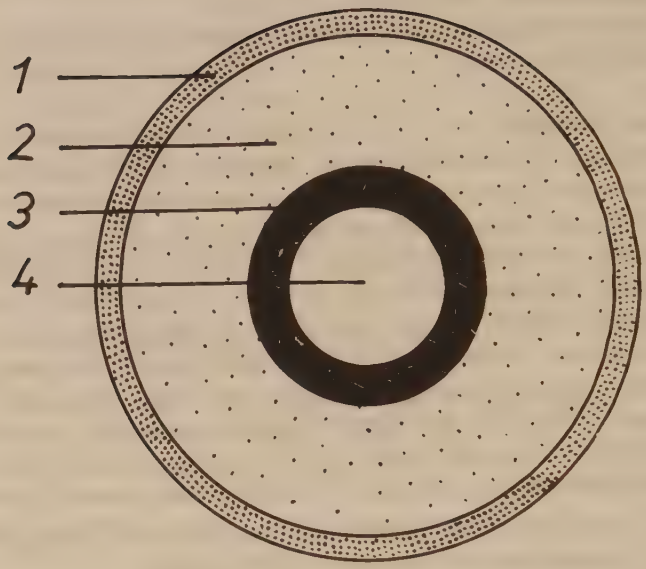

Abb. 6: Schematisierter Schnitt durch den Abdrucklöffel beim Doppelabdruck entsprechend der Schnittebene der Abb.5 bei den Versuchsreihen 1, 2, 5, 6 und 8

1 = Abdrucklöffel
2 = Erstabdruck
3 = Korrekturmasse
4 = Abdrucklumen

Versuchsreihe 3 wurde mit Elasticon durchgeführt. Hierbei sollten im Modellversuch ebenfalls die Verhältnisse vor der Präparation simuliert werden. Um eine Verschmutzung des Erstabdrucks mit Speichel oder Blut zu verhindern, empfiehlt der Hersteller,das angemischte Tray Elasticon vor der Abdrucknahme mit einer Plastikfolie zu bedecken. Durch Faltenbildung der Folie beim Abdruck ergeben sich recht unterschiedliche Schichtdicken für das Korrekturmaterial.

Die Serien 4, 7, 9 und 11 wurden als Doppelmischabdrücke hergestellt. Die beiden Komponenten der Materialien Tresident Weiß - Rot, Surgident Neo-Plex regular body - light body, Tray Elasticon - Syringe Elasticon und Reprosil heavy body - light body wurden gleichzeitig angemischt.

Die dünnfließenden Materialien wurden um den Stumpf gespritzt, während das zähplastische Material in den Löffel eingefüllt wurde. Die beiden Komponenten des jeweiligen Materials härteten während der Abdrucknahme gleichzeitig aus (schematisierte Schnitte durch den Abdrucköffel Abb. 5 und 7).

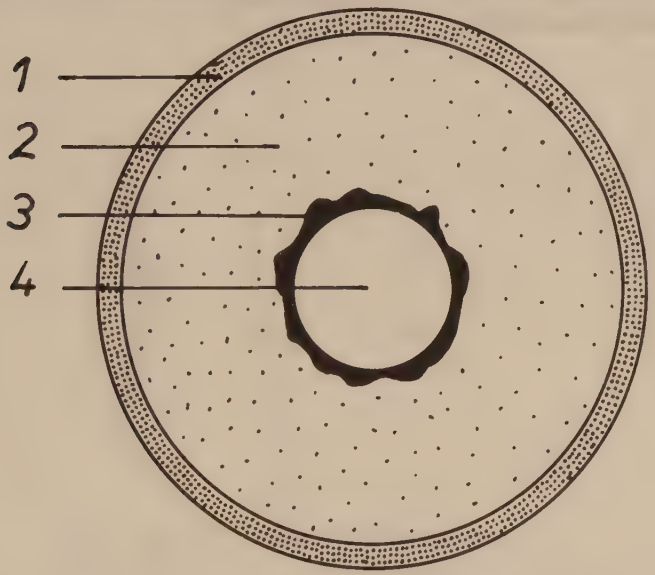

Abb. 7: Schematisierter Schnitt durch den Abdrucklöffel beim Doppelmischabdruck entsprechend der Schnittebene der Abb. 5 bei den Versuchsreihen 4,7,9 u.11.

1 = Abdrucköffel
2 + 3 = gleichzeitig applizierte Abformmaterialien
4 = Abdrucklumen

In der Versuchsreihe 10 wurde das Abdruckmaterial Reprosil regular body als Einkomponentenmaterial geprüft:
Die 10 Stümpfe der Versuchsreihe 2 (Erstabdruck Silaplast, Korrektur mit Elasticon) wurden mit je einem Tropfen Cyan-Acrylat versiegelt. Wir erwarteten, beim Vermessen vergrösserte Stümpfe vorzufinden; der klare Lack hob sich jedoch optisch so gut von den Duroc-Stümpfen ab, daß seine Schichtdicke an willkürlich gewählten Stellen der Stümpfe vermessen werden konnte.

IV Ergebnisse

Auf den folgenden Abbildungen sind bei den einzelnen Meßhöhen die Differenzen der mittleren Abweichungen der Duroc-Modellstümpfe (Istwert) vom Sollwert des Prüfkörpers dargestellt.

Versuchsreihe 1:

Doppelabdruck: Erstabdruck aus Silaplast (Knetsilikon) über 1,5 mm starken Platzhalter. Korrektur mit Delicron regular (mittelfließendes Silikon, im Erstabdruck) und mit Delicron light body (dünnfließendes Silikon, mit Abdruckspritze den Stumpf umspritzt).

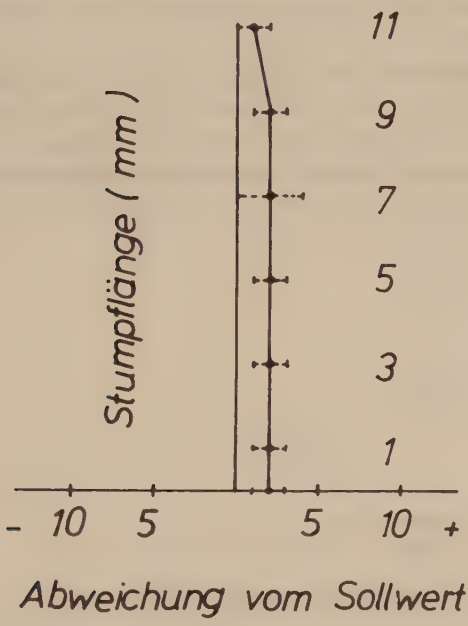

Abb. 8: Abszisse: Breitenabweichung in 1/100 mm der Duroc-Modellstümpfe vom Prüfkörper; gestrichelt die Standardabweichungen der Einzelwerte in 1/100 mm.
Ordinate: Abstand der Meßpunkte an den verschiedenen Stumpfhöhen in mm.

Sollwert (mm)	5,80	5,90	6,00	6,10	6,20	6,30	6,35
Istwert des Stumpfes (mm)	5,81	5,92	6,02	6,12	6,22	6,32	6,37
Differenz Soll/Ist (mm)	+0,01	+0,02	+0,02	+0,02	+0,02	+0,02	+0,02
s (mm)	±0,01	±0,01	±0,02	±0,01	±0,01	±0,01	±0,01

Tab. 1: Solldurchmesser (Sollwert) des Normstumpfes und arithmetisches Mittel (Istwert) von Modellstümpfen aus Duroc.
s = Standardabweichung des Einzelwertes

Versuchsreihe 1 a (aus BURGDORF, H.O., 4):

Doppelmischabdruck: Delicron regular (mittelfließendes Silikon, im Abdrucklöffel) und Delicron light body (dünnfließendes Silikon, mit Abdruckspritze den Stumpf umspritzt).

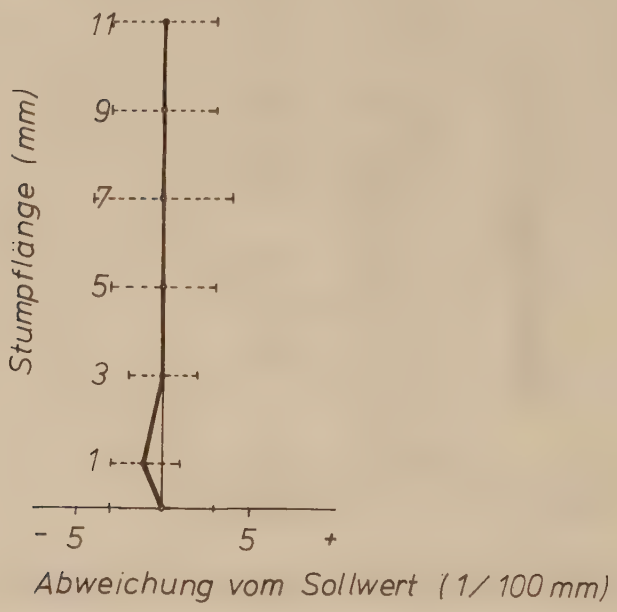

Abb. 9: Abszisse: Breitenabweichung in 1/100 mm der Duroc-Modellstümpfe vom Prüfkörper; gestrichelt die Standardabweichungen der Einzelwerte in 1/100 mm. Ordinate: Abstand der Meßpunkte an den verschiedenen Stumpfhöhen in mm.

Die Gipsstümpfe beim Doppelabdruck Silaplast - Delicron mit 1,5 mm Platzhalter sind bis auf den Wert an der Spitze des Modelles, der um 0,01 mm zu breit ist, um 0,02 mm zu breit, wie auch aus Tabelle 1 ersichtlich ist. Die Standardabweichung beträgt bei der Stumpfhöhe 7 mm $\pm$ 0,02 mm, bei den anderen Meßpunkten nur $\pm$ 0,01 mm.

Verglichen mit der einzeitigen Abformung aus der Dissertation BURGDORF (siehe Abb. 9(4)) werden die Stümpfe beim Doppelabdruck um 0,02 mm breiter, während die Standardabweichung durch die dünnere Schicht vom Delicron durch Anwendung des Platzhalters geringer ist.

Versuchsreihe 2:

Doppelabdruck: Erstabdruck aus Silaplast (Knetsilikon) über 1,5 mm starken Platzhalter. Korrektur mit Elasticon (mittelfließendes Silikon, im Erstabdruck) und mit Syringe Elasticon (dünnfließendes Silikon, mit Abdruckspritze den Stumpf umspritzt).

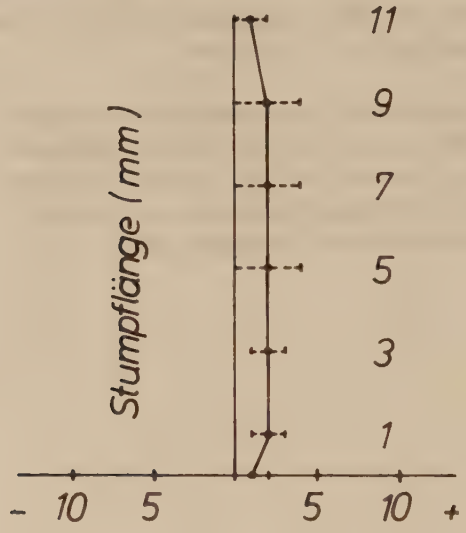

Abb. 10: Abszisse: Breitenabweichung in 1/100 mm der Duroc-Modellstümpfe vom Prüfkörper; gestrichelt die Standardabweichungen der Einzelwerte in 1/100 mm. Ordinate: Abstand der Meßpunkte an den verschiedenen Stumpfhöhen in mm.

Sollwert (mm)	5,80	5,90	6,00	6,10	6,20	6,30	6,35
Istwert des Stumpfes (mm)	5,81	5,92	6,02	6,12	6,22	6,32	6,36
Differenz Soll/Ist (mm)	+0,01	+0,02	+0,02	+0,02	+0,02	+0,02	+0,01
s (mm)	±0,01	±0,02	±0,02	±0,02	±0,01	±0,01	±0,01

Tab. 2: Solldurchmesser (Sollwert) des Normstumpfes und arithmetisches Mittel (Istwert) von Modellstümpfen aus Duroc.
s = Standardabweichung des Einzelwertes

Beim Doppelabdruck Silaplast - Elasticon mit 1,5 mm Platzhalter werden die Stümpfe durchschnittlich um 0,02 mm zu breit und die Standardabweichungen betragen ± 0,01 und ± 0,02 mm.

Versuchsreihe 3:

Doppelabdruck: Erstabdruck aus Tray Elasticon (mittelfließendes Silikon) über 1,5 mm starken Platzhalter und Folie. Korrektur mit Syringe Elasticon (dünnfließendes Silikon, im Erstabdruck).

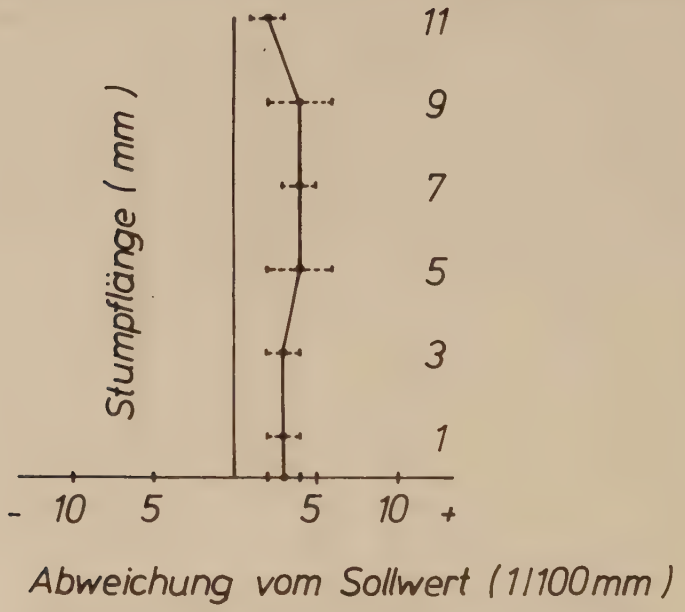

Abb. 11: Abszisse: Breitenabweichung in 1/100 mm der Duroc-Modellstümpfe vom Prüfkörper; gestrichelt die Standardabweichungen der Einzelwerte in 1/100 mm. Ordinate: Abstand der Meßpunkte an den verschiedenen Stumpfhöhen in mm.

Sollwert (mm)	5,80	5,90	6,00	6,10	6,20	6,30	6,35
Istwert des Stumpfes (mm)	5,82	5,94	6,04	6,14	6,23	6,33	6,38
Differenz Soll/Ist (mm)	+0,02	+0,04	+0,04	+0,04	+0,03	+0,03	+0,03
s (mm)	±0,01	±0,02	±0,01	±0,02	±0,01	±0,01	±0,01

Tab. 3: Solldurchmesser (Sollwert) des Normstumpfes und arithmetisches Mittel (Istwert) von Modellstümpfen aus Duroc.
s = Standardabweichung des Einzelwertes

Die Stumpfmodelle werden bei diesem Doppelabdruck mit 1,5 mm Platzhalter und Folie bis zu 0,04 mm zu weit, die Standardabweichung liegt bei ±0,01 mm und ±0,02 mm.

Versuchsreihe 4:

Doppelmischabdruck: Tray Elasticon (mittelfließendes Silikon, im Abdrucklöffel), Syringe Elasticon (dünnfließendes Silikon, mit Abdruckspritze den Stumpf umspritzt).

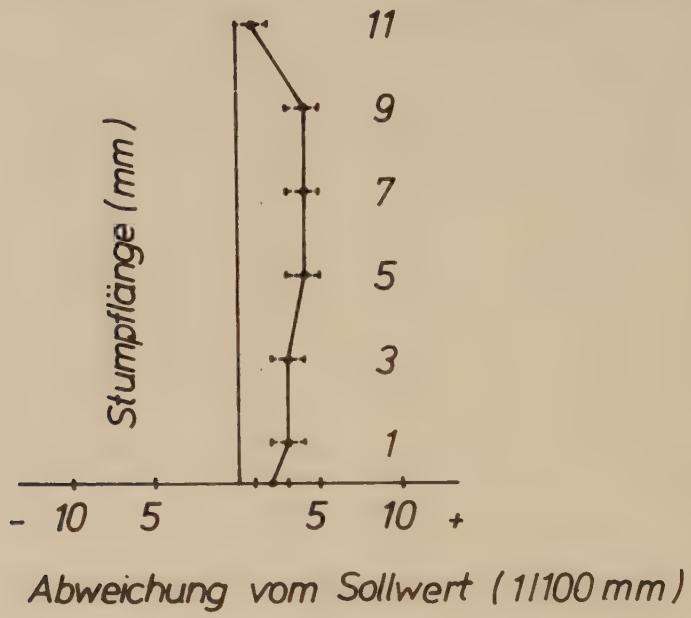

Abb. 12: Abszisse: Breitenabweichung in 1/100 mm der Duroc-Modellstümpfe vom Prüfkörper; gestrichelt die Standardabweichungen der Einzelwerte in 1/100 mm. Ordinate: Abstand der Meßpunkte an den verschiedenen Stumpfhöhen in mm.

Sollwert (mm)	5,80	5,90	6,00	6,10	6,20	6,30	6,35
Istwert des Stumpfes (mm)	5,81	5,94	6,04	6,14	6,23	6,33	6,37
Differenz Soll/Ist (mm)	+0,01	+0,04	+0,04	+0,04	+0,03	+0,03	+0,02
s (mm)	±0,01	±0,01	±0,01	±0,01	±0,01	±0,01	±0,01

Tab. 4: Solldurchmesser (Sollwert) des Normstumpfes und arithmetisches Mittel (Istwert) von Modellstümpfen aus Duroc.
s = Standardabweichung des Einzelwertes

Der Doppelmischabdruck Tray Elasticon - Syringe Elasticon ergibt wie bei den anderen Versuchsreihen mit Elasticon zu breite Modellstümpfe: Die Werte liegen zwischen +0,01 mm und +0,04 mm. Die Standardabweichung beträgt $\pm$0,01 mm.

Versuchsreihe 5:

Doppelabdruck: Erstabdruck aus Tresident Weiß (Knetsilikon) über 1,5 mm starken Platzhalter. Korrektur mit Tresident Blau (mittelfließendes Silikon, im Erstabdruck).

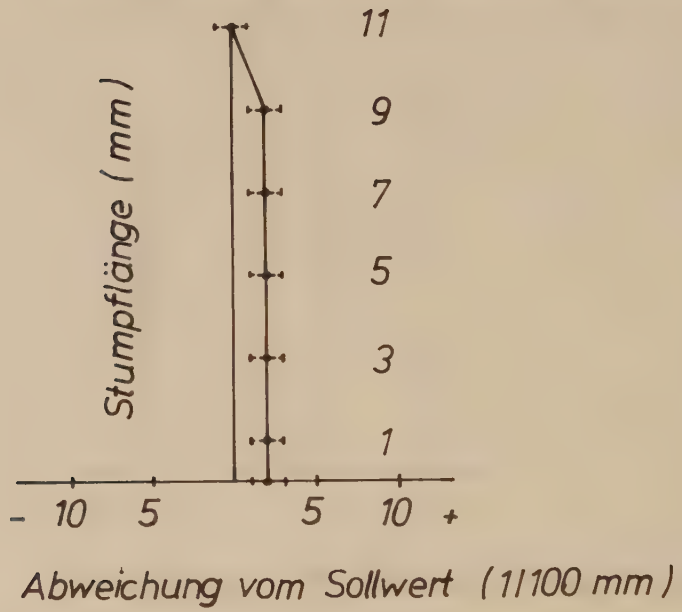

Abb. 13: Abszisse: Breitenabweichung in 1/100 mm der Duroc-Modellstümpfe vom Prüfkörper; gestrichelt die Standardabweichungen der Einzelwerte in 1/100 mm. Ordinate: Abstand der Meßpunkte an den verschiedenen Stumpfhöhen in mm.

Sollwert (mm)	5,80	5,90	6,00	6,10	6,20	6,30	6,35
Istwert des Stumpfes (mm)	5,80	5,92	6,02	6,12	6,22	6,32	6,37
Differenz Soll/Ist (mm)	-	+0,02	+0,02	+0,02	+0,02	+0,02	+0,02
s (mm)	±0,01	±0,01	±0,01	±0,01	±0,01	±0,01	±0,01

Tab. 5: Solldurchmesser (Sollwert) des Normstumpfes und arithmetisches Mittel (Istwert) von Modellstümpfen aus Duroc.
s = Standardabweichung des Einzelwertes

Die Gipsstümpfe sind bei dieser Versuchsreihe an der Spitze gleich groß wie der Prüfkörper, während sie bei den anderen 6 Meßpunkten um 0,02 mm zu breit werden. Die Standardabweichung beträgt immer $\pm$0,01 mm.

Versuchsreihe 6:

Doppelabdruck: Erstabdruck aus Tresident Weiß (Knetsilikon) über 1,5 mm starken Platzhalter. Korrektur mit Tresident Rot (dünnfließendes Silikon, im Erstabdruck).

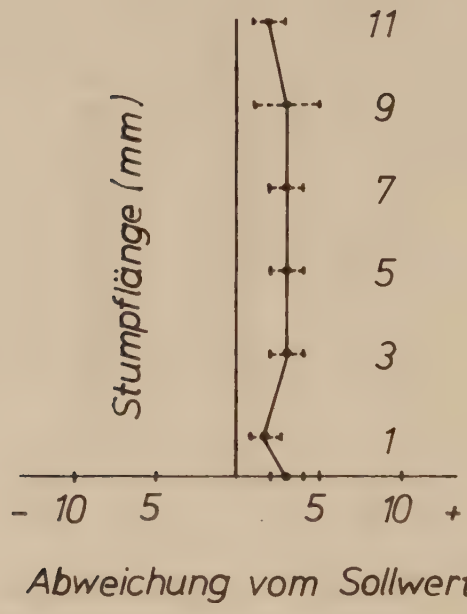

Abb. 14: Abszisse: Breitenabweichung in 1/100 mm der Duroc-Modellstümpfe vom Prüfkörper; gestrichelt die Standardabweichungen der Einzelwerte in 1/100 mm. Ordinate: Abstand der Meßpunkte an den verschiedenen Stumpfhöhen in mm.

Sollwert (mm)	5,80	5,90	6,00	6,10	6,20	6,30	6,35
Istwert des Stumpfes (mm)	5,82	5,93	6,03	6,13	6,23	6,32	6,38
Differenz Soll/Ist (mm)	+0,02	+0,03	+0,03	+0,03	+0,03	+0,02	+0,03
s (mm)	±0,01	±0,02	±0,01	±0,01	±0,01	±0,01	±0,01

Tab. 6: Solldurchmesser (Sollwert) des Normstumpfes und arithmetisches Mittel (Istwert) von Modellstümpfen aus Duroc.
s = Standardabweichung des Einzelwertes

Bei dem Doppelabdruck Tresident Weiß - Rot mit 1,5 mm Platzhalter werden die Gipsstümpfe um 0,02 bis 0,03 mm zu breit, die Standardabweichungen betragen in der Regel ± 0,01 mm.

Versuchsreihe 7:

Doppelmischabdruck: Tresident Weiß (Knetsilikon, im Abdrucklöffel), Tresident Rot (dünnfließendes Silikon, mit Abdruckspritze den Stumpf umspritzt).

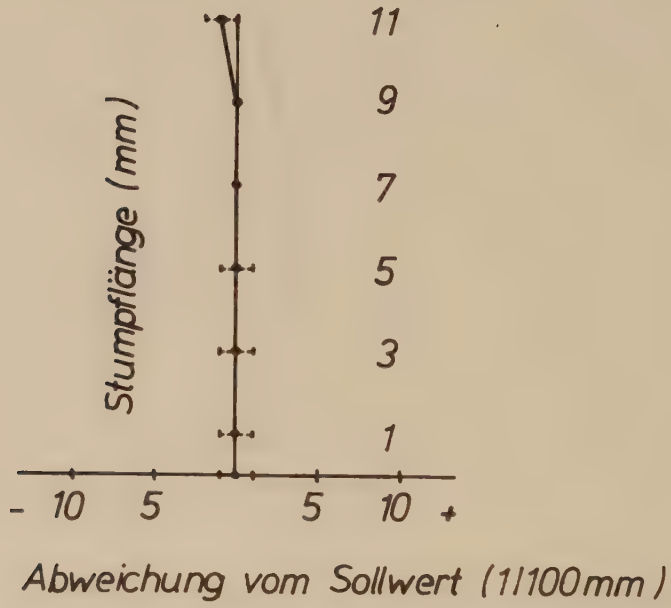

Abb. 15: Abszisse: Breitenabweichung in 1/100 mm der Duroc-Modellstümpfe vom Prüfkörper; gestrichelt die Standardabweichungen der Einzelwerte in 1/100 mm. Ordinate: Abstand der Meßpunkte an den verschiedenen Stumpfhöhen in mm.

Sollwert (mm)	5,80	5,90	6,00	6,10	6,20	6,30	6,35
Istwert des Stumpfes (mm)	5,79	5,90	6,00	6,10	6,20	6,30	6,35
Differenz Soll/Ist (mm)	-0,01	-	-	-	-	-	-
s	±0,01	±0,01	±0,01	±0,01	±0,01	±0,01	±0,01

Tab. 7: Solldurchmesser (Sollwert) des Normstumpfes und arithmetisches Mittel (Istwert) von Modellstümpfen aus Duroc.
s = Standardabweichung des Einzelwertes.

Der Doppelmischabdruck Tresident Weiß - Rot wird an der Spitze um 0,01 mm zu schmal, alle anderen Werte reproduzieren im Mittel die Größe des Prüfkörpers. Die Standardabweichungen betragen ± 0,01 mm.

Versuchsreihe 8:

Doppelabdruck: Erstabdruck aus Reprosil heavy body (schwerfließendes Silikon) über 1,5 mm starken Platzhalter. Korrektur mit Reprosil light body (dünnfließendes Silikon, im Abdrucklöffel).

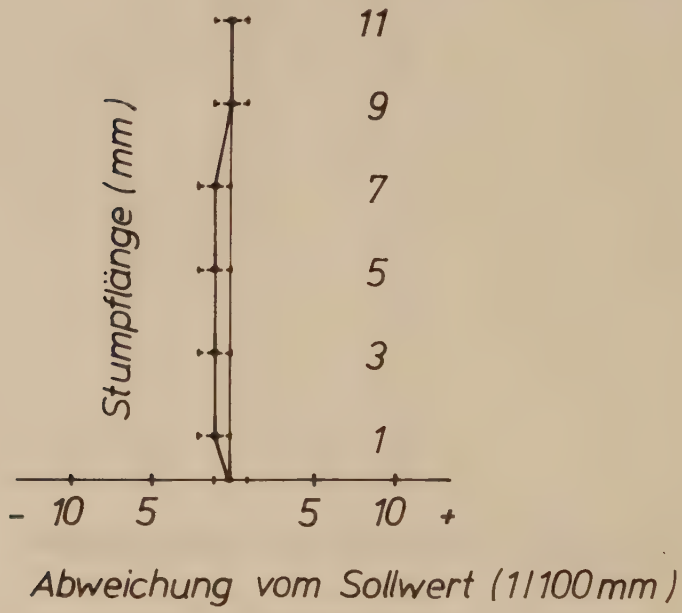

Abb. 16: Abszisse: Breitenabweichung in 1/100 mm der Duroc-Modellstümpfe vom Prüfkörper; gestrichelt die Standardabweichungen der Einzelwerte in 1/100 mm. Ordinate: Abstand der Meßpunkte an den verschiedenen Stumpfhöhen in mm.

Sollwert (mm)	5,80	5,90	6,00	6,10	6,20	6,30	6,35
Istwert des Stumpfes (mm)	5,80	5,90	5,99	6,09	6,19	6,29	6,35
Differenz Soll/Ist (mm)	-	-	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	
s (mm)	±0,01	±0,01	±0,01	±0,01	±0,01	±0,01	±0,01

Tab. 8: Solldurchmesser (Sollwert) des Normstumpfes und arithmetisches Mittel (Istwert) von Modellstümpfen aus Duroc.
s = Standardabweichung des Einzelwertes

Der Doppelabdruck Reprosil heavy body - light body mit 1,5 mm Platzhalter ergibt bei den Stumpfhöhen 7, 5, 3 und 1 mm um 0,01 mm zu kleine Stümpfe, bei den restlichen 3 Meßpunkten entspricht der Istwert dem Sollwert. Die Standardabweichung beträgt $\pm$0,01 mm.

Versuchsreihe 9:

Doppelmischabdruck: Reprosil heavy body (schwerfließendes Silikon, im Abdrucklöffel), Reprosil light body (dünnfließendes Silikon, mit Abdruckspritze den Stumpf umspritzt).

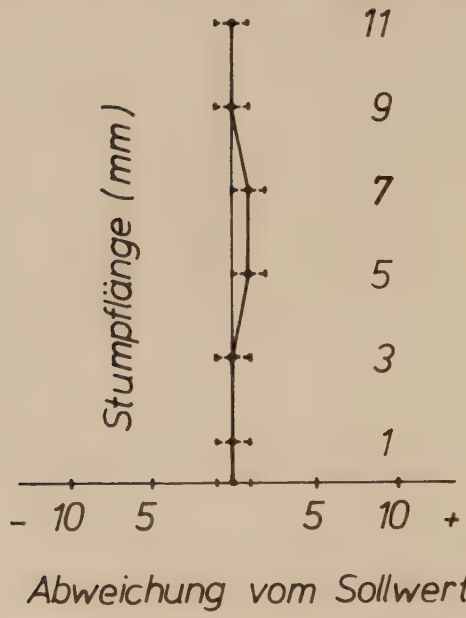

Abb. 17: Abszisse: Breitenabweichung in 1/100 mm der Duroc-Modellstümpfe vom Prüfkörper; gestrichelt die Standardabweichungen der Einzelwerte in 1/100 mm. Ordinate: Abstand der Meßpunkte an den verschiedenen Stumpfhöhen in mm.

Sollwert (mm)	5,80	5,90	6,00	6,10	6,20	6,30	6,35
Istwert des Stumpfes (mm)	5,80	5,90	6,01	6,11	6,20	6,30	6,35
Differenz Soll/Ist (mm)	-	-	+0,01	+0,01	-	-	-
s (mm)	±0,01	±0,01	±0,01	±0,01	±0,01	±0,01	±0,01

Tab. 9: Solldurchmesser (Sollwert) des Normstumpfes und arithmetisches Mittel (Istwert) von Modellstümpfen aus Duroc.
s = Standardabweichung des Einzelwertes

Die Gipsstümpfe bei dieser Versuchsreihe werden in der Mitte um 0,01 mm zu breit, an Basis und Spitze wird der Originalstumpf genau abgeformt. Die Standardabweichung beträgt $\pm$0,01 mm.

Versuchsreihe 10:

Einphasenabdruck Reprosil regular body

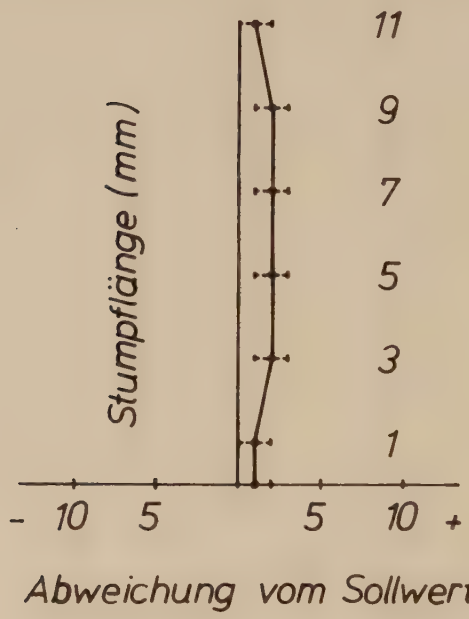

Abb. 18: Abszisse: Breitenabweichung in 1/100 mm der Duroc-Modellstümpfe vom Prüfkörper; gestrichelt die Standardabweichungen der Einzelwerte in 1/100 mm. Ordinate: Abstand der Meßpunkte an den verschiedenen Stumpfhöhen in mm.

Sollwert (mm)	5,80	5,90	6,00	6,10	6,20	6,30	6,35
Istwert des Stumpfes (mm)	5,81	5,92	6,02	6,12	6,22	6,31	6,36
Differenz Soll/Ist (mm)	+0,01	+0,02	+0,02	+0,02	+0,02	+0,01	+0,01
s (mm)	±0,01	±0,01	±0,01	±0,01	±0,01	±0,01	±0,01

Tab. 10: Solldurchmesser (Sollwert) des Normstumpfes und arithmetisches Mittel (Istwert) von Modellstümpfen aus Duroc.
s = Standardabweichung des Einzelwertes

Bei der einzeitigen Abformung des Prüfkörpers mit Reprosil regular body werden die Duroc-Stümpfe 0,01 bis 0,02 mm zu breit, die Standardabweichung beträgt ± 0,01 mm.

Versuchsreihe 11:

Doppelmischabdruck: Surgident Neo-Plex regular body (Polysulfid, im Abdrucklöffel), Surgident Neo-Plex light body (dünnfließendes Polysulfid, mit Abdruckspritze den Stumpf umspritzt).

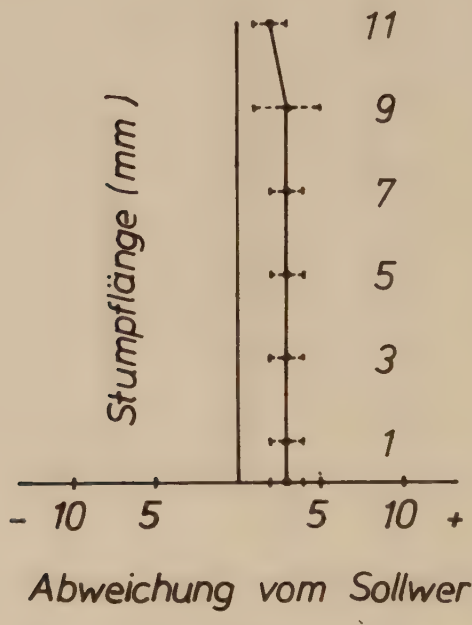

Abb. 19: Abszisse: Breitenabweichung in 1/100 mm der Duroc-Modellstümpfe vom Prüfkörper; gestrichelt die Standardabweichungen der Einzelwerte in 1/100 mm. Ordinate: Abstand der Meßpunkte an den verschiedenen Stumpfhöhen in mm.

Sollwert (mm)	5,80	5,90	6,00	6,10	6,20	6,30	6,35
Istwert des Stumpfes (mm)	5,82	5,93	6,03	6,13	6,23	6,33	6,38
Differenz Soll/Ist (mm)	+0,02	+0,03	+0,03	+0,03	+0,03	+0,03	+0,03
s (mm)	±0,01	±0,02	±0,01	±0,01	±0,01	±0,01	±0,01

Tab. 11: Solldurchmesser (Sollwert) des Normstumpfes und arithmetisches Mittel (Istwert) von Modellstümpfen aus Duroc.
s = Standardabweichung des Einzelwertes

Beim Doppelmischabdruck mit dem Polysulfid Surgident regular body - light body werden die Gipsstümpfe um 0,03 mm zu breit, die Standardabweichung beträgt ±0,01 mm.

Versuchsreihe 12:

Bei der Versiegelung der 10 Stümpfe aus Versuchsreihe 2 lagen die gemessenen Schichtdicken zwischen 0,011 und 0,003 mm - arithmetisches Mittel 0,007 mm. Die Schichtdicke des Cyan-Acrylats liegt damit unter der von verschiedenen Autoren angegebenen Spaltbreite für einen exakten Randschluß.

V Diskussion

Es ist immer erstrebenswert, über einen Abdruck möglichst dimensionstreue Modelle zu erhalten. Mit Hilfe von Elastomeren ist es möglich, unter Laborbedingungen Arbeitsmodelle anzufertigen, die mit dem Ausgangsmodell weitestgehend übereinstimmen (1), (11), (14), (4).

Mit Hilfe unserer Untersuchungen sollten Abformmethoden und -materialien geprüft werden, die für den klinischen Einsatz geeignet erscheinen. Mit dem Doppelabdruck versuchten wir, folgende klinische Bedingungen nachzuahmen: Erstabformung vor der Präparation mit hochviskosem Material; durch die bei der Präparation entfernte Zahnhartsubstanz wird ausreichend Platz für eine verhältnismäßig dünne und gleichmäßige Schicht für das Korrekturmaterial geschaffen. Mit Hilfe dieser Methode sollten Verdrängungseffekte, wie sie beim Korrekturabdruck auftreten, ausgeschaltet werden.

In den 6 Versuchsreihen nach der oben beschriebenen Methode wurden die Stümpfe in der Regel zu groß.

Bei der Versuchsreihe Silaplast - Delicron werden die Modellstümpfe um 0,02 mm zu breit. Dieses Dimensionsverhalten ist eigentlich nur auf gegenseitige chemische Beeinflussung der Materialien Silaplast und Delicron zurückzuführen und nicht auf eine Kontraktion des Erst- bzw. Zweitmaterials, wie auch aus Versuchen der Dissertation BURGDORF (4) hervorgeht, wo sich diese Materialien als ziemlich dimensionstreu erweisen.

In der Versuchsreihe 2 hat der Erstabdruck mit Silaplast einen günstigen Einfluß auf die Korrekturmasse Elasticon: Während bei den anderen Abdrücken mit Elasticon - Doppelabdruck mit Platzhalter und Folie (Versuchsreihe 3) und Doppelmischabdruck (Versuchsreihe 4) - die Stümpfe bis zu 0,04 mm zu groß werden, zeigen die Modellstümpfe hier eine fast lineare Überdimensionierung von 0,02 mm.

Der geringe Füllstoffanteil vom Elasticon führt zur Schrumpfung. Nach SCHWICKERATH (30), HOFFMANN und LUDWIG (12) zeigt wenig gefülltes Abdruckmaterial eine größere Abbindekontraktion als zähplastisches, stark gefülltes Abdruckmaterial. Durch die geringe Schichtdicke des Elasticon beim Zweitabdruck kann sich die Kontraktion nicht in dem Maße auswirken, wie bei den Abdrücken, bei denen der ganze Abdruck aus dem dünnfließenden Material erstellt wurde, ganz gleichgültig ob im Doppel- oder Doppelmisch-Abdruckverfahren.

Aufgrund der chemischen Unverträglichkeit von Silaplast als Erstabdruckmaterial mit anderen Elastomeren (Permagum, Surgident Neo-Plex, Reprosil, siehe S.16) als Korrekturmaterial kombinierten wir chemisch gleichartige Silikone im Doppelabdruck.

Zunächst wurde ein Erstabdruck aus Tresident Weiß - ein stark gefülltes Knetsilikon ähnlich Silaplast - mit Tresident Rot korrigiert. Das dünnfließende Material zeigt eine deutliche Abbindekontraktion, denn die Modellstümpfe wurden um 0,02 bis 0,03 mm zu groß, was eine Vergrößerung des Stumpflumens ergibt. Wir wiederholten die Versuchsreihe mit Tresident Blau. Tresident Blau ist zähflüssiger als Tresident Rot, also stärker gefüllt, und es wird vom Hersteller für Ringabdrücke oder zur Kombination mit Tresident Rot empfohlen, wenn beim Abdrucknehmen ein nicht so starkes Fließverhalten erwünscht ist. Wie erwartet, zeigt das füllstoffreichere Material Tresident Blau eine geringere Abbindekontraktion und eine geringere Verbreiterung der Modellstümpfe. Anders verhält sich Reprosil beim Doppelabdruck: Der Erstabdruck aus Reprosil heavy body wird nach Entfernen des Platzhalters mit Reprosil light body ergänzt. Die Stümpfe entsprechen an den Meßpunkten 11, 9 und 0 mm dem abgeformten Kegelstumpf, an den anderen Meßpunkten bilden sie den Stumpf um 0,01 mm zu schmal ab.

Eine Stauung des Korrekturmaterials kann zur Erweiterung des Erstmaterials geführt haben und nach dem Abnehmen stellt das Erstmaterial in Richtung Abdrucklumen zurück. Es scheint in diesem Fall das gleiche Phänomen aufzutreten, wie KÖRBER und LEHMANN (14), HOFFMANN und LUDWIG (12) sowie auch BURGDORF (4) es beim Korrekturabdruck gefunden haben.

Die Verkleinerung des Abdrucklumens wäre nach MEINERS (20) auch durch eine rasch einsetzende Abbindereaktion zu erklären, wobei "teilverspannte Molekülgeflechte durch Verknüpfungen mit ihrer zunehmend fester werdenden Umgebung in ihrem Spannungszustand fixiert werden. Das Ausmaß der auf diese Weise im Abdruck induzierten Spannungen ist dann umso größer, je größer und/oder zahlreicher die Geflechte sind (Einfluß der Abformzeit) und je größer das für die Deformation maßgebliche Schergefälle ist (Einfluß der Abflußmöglichkeit)".

Es wäre demnach möglich, daß bei den Materialien ähnlicher Viskosität, nämlich Tresident Rot und Reprosil light body, beim letzteren trotz gleicher Versuchsbedingungen Abbindevorgänge rascher einsetzen und so zu einer geringen elastischen Deformation des Materials führen.

Den Doppelabdruck Elasticon mit Platzhalter und Folie führten wir durch, weil vom Hersteller empfohlen und um eine Vergleichsmöglichkeit mit der Versuchsreihe 2 zu erhalten. Die Abbindekontraktion des Materials ist mit 0,04 mm im Vergleich zu allen anderen untersuchten Materialien recht groß. Auch der Doppelmischabdruck weicht bis zu 0,04 mm vom Original ab. Dies zeigt, daß die Abbindekontraktion des dünnfließenden Materials nicht nur vom Füllstoffgehalt, sondern auch von der Schichtdicke abhängt (vergl. Versuche 2, 3 und 4, MEINERS (20)).

Die Dimensionsgenauigkeit vom Polysulfid Surgident Neo-Plex prüften wir mit Hilfe der Doppelmischtechnik. Verglichen mit dem Polysulfid Permlastic (KÖRBER und LEHMANN (14)) und den Silikonen ((4), (1), (11), (14), Vers. 7 und 9) im Doppelmischabdruck, zeigt Surgident Neo-Plex kein übereinstimmendes Ergebnis: Die Stümpfe werden um 0,03 mm zu breit. Die unterschiedlichen Ergebnisse belegen wiederum die Abhängigkeit des Dimensionsverhaltens der Elastomere vom Füllstoffgehalt.

Die Standardabweichungen aller Versuchsreihen sind mit $\pm$0,01 - $\pm$ 0,02 mm gering, d.h. daß nur geringe Verzerrungen der Lumina bei den Abdrücken entstanden.

Die einzeitigen Abdrücke nach der Doppelmischtechnik führen zu den dimensionstreuesten Modellen, allerdings in Abhängigkeit von der Konsistenz der Materialien (siehe Elasticon).

Nach einer Umfrage von LEHMANN (18) wenden nur 26,7% aller befragten Zahnärzte die einzeitige Abformung an, während 66,1% ihre Modelle über einen Korrekturabdruck erstellen lassen. 20,8% praktizieren den Doppelabdruck über Platzhalter oder vor der Präparation.

Die Umfrage zeigt, daß die eigentlich relativ ungenaueste aller Methoden für den Reihenabdruck mit elastomeren Massen am häufigsten angewandt wird, wahrscheinlich weil sie technisch einfacher durchzuführen ist als der Doppelmischabdruck. MEINERS (20) findet, daß durch unterschiedliche Schichtdicken des Abformmaterials im Löffel kreisrunde Lumina durch Schrumpfung im Löffel verzerrt werden und daß Deformationseffekte durch Stauung, wie sie beim Korrekturabdruck stark in Erscheinung treten, gegenüber Schrumpfungseffekten stärker zu berücksichtigen sind.

Unsere Versuche zeigen, daß die Schrumpfungseffekte durch die gleichmäßige Schichtdicke des Platzhalters und bei Anwendung eines stark gefüllten Erstabdruckmaterials fast linear sind. Aus diesem Grunde könnten durch Abstimmung von Modellmaterial und Gußtechnik auf das Dimensionsverhalten dieser Abdrücke paßgenauere Kronen und Brücken hergestellt werden als mit Hilfe des Korrekturabdruckes.

Auch die Versiegelung der Stümpfe mit Cyan-Acrylat sollte aufgrund des Ergebnisses mit in den arbeitstechnischen Ablauf einbezogen werden.

VI Zusammenfassung

Die Dimensionstreue von Abformmaterialien wurde in Abhängigkeit von Material und Methode untersucht. Zusammenfassend konnten wir feststellen:

1. Die Genauigkeit von Abformungen für Kronen und Brücken ist abhängig von der angewandten Abformmethode und vom Abformmaterial.

2. Nahezu originalgetreue Abformungen erhielten wir bei Anwendung der Doppelmischtechnik (Ausnahme Elasticon; hier waren die Stümpfe bis zu 0,04 mm zu breit).

3. Bei Doppelabformungen (Erstabdruck über einen 1,5 mm starken Platzhalter) erhielten wir geringgradig zu breite Modellstümpfe (0,02 bis 0,04 mm).

4. Für Erstabformungen beim Doppelabdruck empfehlen wir Knetsilikone mit hoher Endhärte, da sonst bei der Korrektur der Erstabformung Fehler auftreten können, die denjenigen beim Korrekturabdruck gleichen.

5. Die Streuung der Einzelwerte ist bei beiden Methoden deutlich kleiner als beim Korrekturabdruck.

6. Alle geprüften Methoden liegen innerhalb der geforderten Toleranz für die Paßgenauigkeit von Kronen (20µm Spaltbreite am Kronenrand). Sie können bezüglich ihrer Genauigkeit im Modellversuch für die zahnärztliche Praxis empfohlen werden.

VII Literaturverzeichnis

1 BERGER, H.J., MARXKORS, R., MEINERS, H.:
Abformgenauigkeit bei ringlosen Abdrücken.
Dtsch. zahnärztl. Z., 28, 1051 (1973)

2 BOES, H.J.:
Form- und Wiedergabegenauigkeit sowie Formänderung von Abdruckmaterialien für Kronen und Brücken in Abhängigkeit vom Abformverfahren und der Aufbewahrung des Erstabdruckes.
Med. Diss., Köln (1975), in

SCHWICKERATH. H.:
Werkstoffe in der Zahnheilkunde.
Quintessenzverlag, Berlin (1977)

3 BUDZINSKI, S.:
Über die Paßgenauigkeit von Gußobjekten, bei denen das Hartgipsmodell mit einem Härterlack behandelt wurde.
Med. Diss., Marburg (1970)

4 BURGDORF, H.O.:
Vergleichende Untersuchungen zum Korrekturabdruck und zu einzeitigen Abformverfahren für Kronen und Brücken.
Med. Diss., Marburg (1977)

5 DREYER-JÖRGENSEN, K.:
Prüfungsergebnisse zahnärztlicher Gußverfahren.
Dtsch. zahnärztl. Z., 13, 461 (1958)

6 EINFELDT, H.:
Paßgenauigkeit gegossener Metallarbeiten.
Dtsch. zahnärztl. Z., 24, 1087 (1969)

7 ESHLEMAN, J.R.:
Surface hardness and dimensional accuracy of stone dies impregnated with acrylic resin.
J. dent. Res., 50, 507 (1971)

8 FINGER, W., LOCKOWANDT, P.:
Härtebestimmung an zahnärztlichen Modellmaterialien.
Dtsch. zahnärztl. Z., 26, 1216 (1971)

9 FINGER, W., LOCKOWANDT, P.:
Abform- und Modellmaterialien, eine funktionelle Einheit.
Dtsch. zahnärztl. Z., 27, 620 (1972)

10 GROPP, H.P., SCHWINDLING, R.:
Statistische Feststellung über fehlerhafte Kronengestaltung mit Folgen auf Zahn, Parodont und Gingiva.
Dtsch. zahnärztl. Z., 26, 734 (1971)

11 HERRMANN, H.W.:
Die Genauigkeit von Gipsmodellen bei verschiedenen Abform- und Verarbeitungsmethoden.
Dental - Labor, 25, 1457 (1977)

12 HOFFMANN, M., LUDWIG, P.:
Über das Dimensionsverhalten verschiedener Abdruckstoffe im Hinblick auf ihre Eignung für das Korrekturverfahren.
Dtsch. zahnärztl. Z., 23, 6 und 438 (1968)

13 HOFFMANN, M.:
Abformung und Modell - Zielsetzung aus klinischer Sicht.
Dtsch. zahnärztl. Z., 27, 85 (1972)

14 KÖRBER, E., LEHMANN, K.:
Vergleichende Untersuchungen bei Abdruckmaterialien für Kronen und Brücken.
Dtsch. zahnärztl. Z., 24, 791 (1969)

15 LEHMANN, K.:
Die Abformung von Kronenstümpfen.
Zahnärztebl. Baden-Württemberg, 1, 43 (1973)

16 LEHMANN, K., NAGEL, M.:
Zum heutigen Stand der Abformmethodik.
Zahnärztl. Praxis, 26, 506 und 530 (1975)

17 LEHMANN, K., LANGE, G.:
Untersuchungen über Modellmaterialien für Kronen und Brücken.
Dtsch. zahnärztl. Z., 28, 819 (1973)

18 LEHMANN, K.:

Welche Methoden werden in der zahnärztlichen Praxis für die Abformung von Kronen und Brücken angewandt? Eine Umfrage.
Zahnärztl. Mitt. (im Druck)

19 MARXKORS, R.; in

VOSS, R.:

Abformung und Modell - praktische Forderungen und wissenschaftliche Grundlagen (Diskussion).
Dtsch. zahnärztl. Z., 27, 96 (1972)

20 MEINERS, H.:

Abformgenauigkeit mit elastomeren Abformmaterialien.
Carl Hanser Verlag, München - Wien (1977)

21 von MERKATZ, H.E., KLÖTZER, W.T.:

Materialeigenschaften gebräuchlicher Gipsprodukte und deren Prüfung.
Dtsch. zahnärztl. Z., 30, 194 (1975)

22 REHBERG, H.J.:

Exakter Randschluß - was ist das ?
Dtsch. zahnärztl. Z., 26, 696 (1971)

23 REHBERG, H.J.:

Die Quintessenz der zahnärztlichen Abformhilfsmittel.
Quintessenzverlag, Berlin (1978)

24 REISBICK, M.H.:

Effect of viscosity on the accuracy and stability of elastic impression materials.
J. dent. Res., 52, 407 (1973)

25 SAWYER, H.F., BIRTLESS, J.T., NEIMAN, R., PODSHADLY,A.G.:
Accuracy of casts produced from seven rubber impression materials.
J. of Am. dent. Ass. 87, 126 (1973)

26 SAWYER, H.F., DILTS, W.E., AUBRY, M.E., NEIMAN, R.:

Accuracy of casts produced from the three classes of elastomer impression materials.
J. of Am. dent. Ass., 89, 644 (1974)

27 SCHWICKERATH, H.:
Grundsätzliches zur Abformung und zu den Abformmaterialien.
Dtsch. zahnärztl. Z., 27, 91 (1072)

28 SCHWICKERATH, H.:
Zur Prüfung der Form- und Wiedergabegenauigkeit von Abformmaterialien.
Dtsch. zahnärztl. Z., 27, 478 (1972)

29 SCHWICKERATH, H.:
Zur Form- und Wiedergabegenauigkeit von elastischen Abformmaterialien.
Dtsch. zahnärztl. Z., 27, 616 (1972)

30 SCHWICKERATH, H.:
Werkstoffe in der Zahnheilkunde.
Quintessenzverlag, Berlin (1977)

31 SCHWINDLING, R.:
Das Messen von Dimensionsveränderungen an elastomeren Abformstoffen.
Dtsch. zahnärztl. Z., 25, 710 (1970)

32 SCHWINDLING, R.:
Lineare Dimensionsveränderungen elastomerer Silikonstoffe für das Doppelabdruckverfahren.
Zahnärztl. Welt, 79, 771 (1970)

33 STACKHOUSE, J.A.:
The accuracy of stone dies made from rubber impression materials.
J. prosth. Dent., 24, 377 (1970)

34 VIOHL, J.:
Verarbeitungszeit und Abbindezeit elastomerer Abformwerkstoffe.
Dtsch. zahnärztl. Z., 27, 598 (1972)

35 VOSS, R.:
Abformung und Modell - praktische Forderungen und wissenschaftliche Grundlagen (Diskussion).
Dtsch. zahnärztl. Z., 27, 96 (1972)

36 WEIKART, P.:
Werkstoffkunde für Zahnärzte.
Carl Hanser Verlag, München (1966)

VIII Zusammenstellung der Meßprotokolle

Versuchsreihe 1

Doppelabdruck Silaplast-Delicron, Platzhalter 1,5 mm

Sollwert (mm)	5,800	5,900	6,000	6,100	6,200	6,300	6,350
Istwert des Stumpfes (mm)	5,804	5,917	6,023	6,118	6,220	6,321	6,379
	5,807	5,917	6,017	6,116	6,216	6,315	6,364
	5,811	5,920	6,026	6,125	6,224	6,322	6,370
	5,810	5,924	6,025	6,127	6,215	6,319	6,368
	5,810	5,913	6,010	6,112	6,213	6,305	6,365
	5,811	5,925	6,011	6,115	6,211	6,309	6,363
	5,820	5,933	6,044	6,129	6,226	6,322	6,384
	5,817	5,934	6,034	6,130	6,231	6,333	6,392
	5,800	5,928	6,028	6,116	6,216	6,325	6,375
	5,800	5,929	6,029	6,117	6,217	6,329	6,353
	5,803	5,905	6,008	6,098	6,203	6,310	6,361
	5,806	5,918	6,015	6,111	6,208	6,310	6,365
	5,805	5,942	6,041	6,135	6,239	6,344	6,396
	5,820	5,936	6,038	6,135	6,236	6,338	6,385
	5,807	5,916	6,026	6,134	6,223	6,326	6,375
	5,819	5,930	6,017	6,131	6,223	6,327	6,378
	5,818	5,925	6,026	6,134	6,236	6,335	6,378
	5,816	5,926	6,032	6,129	6,225	6,323	6,365
	5,815	5,926	6,023	6,111	6,225	6,319	6,372
	5,819	5,932	6,016	6,115	6,224	6,323	6,371

Versuchsreihe 2

Doppelabdruck Silaplast-Elasticon, Platzhalter 1,5 mm

Sollwert (mm)	5,800	5,900	6,000	6,100	6,200	6,300	6,35
Istwert des Stumpfes (mm)	5,816	5,941	6,040	6,130	6,229	6,325	6,370
	5,821	5,942	6,038	6,132	6,226	6,322	6,377
	5,793	5,908	6,012	6,106	6,209	6,317	6,363
	5,803	5,913	6,007	6,110	6,215	6,313	6,359
	5,814	5,937	6,040	6,126	6,226	6,320	6,362
	5,804	5,925	6,031	6,128	6,223	6,318	6,363
	5,800	5,906	6,008	6,106	6,207	6,303	6,343
	5,799	5,900	6,005	6,110	6,208	6,304	6,342
	5,815	5,939	6,034	6,136	6,226	6,315	6,370
	5,812	5,937	6,038	6,133	6,229	6,318	6,367
	5,809	5,927	6,026	6,126	6,222	6,331	6,363
	5,822	5,921	6,017	6,116	6,218	6,322	6,369
	5,794	5,914	6,014	6,116	6,215	6,308	6,368
	5,792	5,904	6,007	6,107	6,211	6,303	6,369
	5,805	5,945	6,048	6,149	6,242	6,333	6,365
	5,826	5,945	6,051	6,143	6,236	6,332	6,376
	5,803	5,898	5,993	6,094	6,200	6,300	6,356
	5,794	5,893	5,996	6,089	6,200	6,297	6,347
	5,821	5,933	6,026	6,123	6,224	6,320	6,377
	5,827	5,935	6,014	6,119	6,212	6,302	6,356

Versuchsreihe 3

Doppelabdruck Tray Elasticon-Syringe Elasticon, Folie und Platzhalter 1,5 mm

Sollwert (mm)	5,800	5,900	6,000	6,100	6,200	6,300	6,350
Istwert des Stumpfes (mm)	5,802	5,939	6,034	6,134	6,229	6,332	6,365
	5,816	5,936	6,030	6,125	6,230	6,329	6,375
	5,812	5,928	6,046	6,145	6,237	6,344	6,376
	5,808	5,934	6,034	6,133	6,228	6,323	6,369
	5,807	5,944	6,044	6,147	6,244	6,342	6,383
	5,820	5,945	6,030	6,122	6,227	6,327	6,369
	5,817	5,949	6,055	6,153	6,244	6,335	6,384
	5,824	5,944	6,045	6,139	6,231	6,311	6,347
	5,824	5,922	6,028	6,125	6,217	6,312	6,367
	5,807	5,926	6,028	6,123	6,221	6,320	6,373
	5,825	5,949	6,045	6,144	6,245	6,342	6,397
	5,819	5,944	6,049	6,144	6,246	6,340	6,393
	5,809	5,931	6,032	6,129	6,227	6,328	6,370
	5,816	5,927	6,028	6,122	6,220	6,318	6,360
	5,807	5,919	6,029	6,129	6,227	6,321	6,373
	5,812	5,918	6,019	6,118	6,220	6,324	6,374
	5,836	5,973	6,068	6,168	6,259	6,347	6,389
	5,844	5,977	6,067	6,165	6,251	6,329	6,362
	5,820	5,961	6,053	6,153	6,247	6,329	6,391
	5,824	5,958	6,055	6,145	6,246	6,337	6,368

Versuchsreihe 4

Doppelmischabdruck Tray Elasticon-Syringe Elasticon

Sollwert (mm)	5,800	5,900	6,000	6,100	6,200	6,300	6,350
Istwert des Stumpfes (mm)	5,810	5,940	6,045	6,147	6,241	6,332	6,380
	5,808	5,947	6,041	6,133	6,225	6,320	6,367
	5,811	5,936	6,037	6,134	6,240	6,333	6,374
	5,813	5,936	6,042	6,140	6,236	6,327	6,367
	5,804	5,927	6,029	6,133	6,212	6,312	6,355
	5,810	5,939	6,045	6,135	6,222	6,309	6,350
	5,814	5,946	6,041	6,145	6,239	6,336	6,372
	5,812	5,946	6,047	6,148	6,241	6,325	6,370
	5,810	5,940	6,045	6,146	6,251	6,343	6,389
	5,805	5,941	6,046	6,143	6,238	6,337	6,390
	5,814	5,948	6,049	6,148	6,250	6,340	6,382
	5,818	5,949	6,057	6,150	6,245	6,335	6,375
	5,806	5,936	6,042	6,147	6,242	6,336	6,374
	5,803	5,935	6,040	6,139	6,241	6,335	6,379
	5,800	5,935	6,034	6,136	6,232	6,325	6,374
	5,796	5,935	6,033	6,139	6,228	6,331	6,378
	5,814	5,936	6,034	6,131	6,228	6,322	6,370
	5,812	5,931	6,033	6,133	6,232	6,326	6,362
	3,810	5,931	6,036	6,133	6,226	6,331	6,374
	5,814	5,933	6,027	6,129	6,217	6,319	6,361

Versuchsreihe 5

Doppelabdruck Tresident Weiß-Blau, Platzhalter 1,5 mm

Sollwert (mm)	5,800	5,900	6,000	6,100	6,200	6,300	6,350
Istwert des Stumpfes (mm)	5,792	5,899	6,001	6,105	6,193	6,289	6,347
	5,794	5,893	5,990	6,113	6,213	6,319	6,374
	5,806	5,930	6,026	6,129	6,228	6,325	6,376
	5,815	5,927	6,028	6,136	6,237	6,332	6,378
	5,803	5,918	6,020	6,121	6,217	6,319	6,365
	5,796	5,915	6,025	6,130	6,227	6,329	6,372
	5,817	6,931	6,031	6,124	6,229	6,330	6,378
	5,819	5,936	6,028	6,135	6,230	6,332	6,378
	5,800	6,913	6,013	6,125	6,220	6,321	6,358
	5,809	6,920	6,020	6,124	6,218	6,317	6,367
	5,796	5,913	5,997	6,108	6,218	6,319	6,359
	5,796	5,909	6,011	6,112	6,209	6,311	6,361
	5,807	5,913	6,021	6,124	6,212	6,313	6,373
	5,793	5,928	6,022	6,126	6,220	6,321	6,372
	5,785	5,892	6,016	6,121	6,226	6,329	6,373
	5,791	5,905	6,011	6,127	6,224	6,319	6,396
	5,798	5,904	5,991	6,090	6,215	6,322	6,371
	5,792	5,899	6,006	6,110	6,212	6,314	6,348
	5,815	5,935	6,033	6,135	6,237	6,336	6,368
	5,809	5,936	6,038	6,131	6,240	6,330	6,368

Versuchsreihe 6

Doppelabdruck Tresident Weiß-Rot, Platzhalter 1,5 mm

Sollwert (mm)	5,800	5,900	6,000	6,100	6,200	6,300	6,350
Istwert des Stumpfes (mm)	5,839	5,934	6,023	6,115	6,219	6,314	6,369
	5,825	5,946	6,030	6,128	6,213	6,307	6,358
	5,832	5,930	6,044	6,134	6,240	6,336	6,392
	5,829	5,944	6,012	6,150	6,239	6,348	6,398
	5,806	5,921	6,031	6,131	6,235	6,312	6,367
	5,818	5,926	6,025	6,127	6,227	6,318	6,365
	5,813	5,935	6,034	6,133	6,237	6,329	6,376
	5,827	5,937	6,035	6,126	6,226	6,323	6,378
	5,798	5,917	6,025	6,118	6,215	6,300	6,347
	5,800	5,905	6,021	6,119	6,217	6,306	6,353
	5,817	5,928	6,038	6,137	6,232	6,323	6,380
	5,814	5,921	6,035	6,135	6,217	6,317	6,372
	5,815	5,924	6,011	6,110	6,213	6,317	6,371
	5,797	5,914	6,016	6,104	6,209	6,323	6,374
	5,805	5,920	6,020	6,130	6,232	6,337	6,386
	5,811	5,932	6,020	6,128	6,230	6,322	6,375
	5,824	5,940	6,048	6,136	6,240	6,340	6,386
	5,828	5,947	6,050	6,152	6,254	6,350	6,399
	5,814	5,940	6,040	6,150	6,239	6,328	6,372
	5,816	5,946	6,048	6,145	6,240	6,340	6,387

Versuchsreihe 7

Doppelmischabdruck Tresident Weiß-Rot

Sollwert (mm)	5,800	5,900	6,000	6,100	6,200	6,300	6,350
Istwert des Stumpfes (mm)	5,794	5,898	5,998	6,079	6,195	6,290	6,353
	5,783	5,894	6,000	6,097	6,190	6,304	6,366
	5,795	5,899	6,004	6,105	6,203	6,305	6,368
	5,785	5,900	6,007	6,104	6,203	6,316	6,367
	5,797	5,900	6,010	6,104	6,219	6,294	6,354
	5,803	5,903	6,005	6,095	6,201	6,300	6,352
	5,787	5,908	6,003	6,100	6,200	6,295	6,349
	5,783	5,896	5,994	6,096	6,208	6,280	6,343
	5,800	5,902	6,001	6,110	6,207	6,314	6,352
	5,796	5,898	5,998	6,099	6,199	6,295	6,349
	5,790	5,896	6,002	6,100	6,196	6,291	6,343
	5,791	5,898	6,000	6,100	6,197	6,286	6,347
	5,791	5,888	5,999	6,108	6,200	6,300	6,349
	5,795	5,903	6,009	6,110	6,206	6,302	6,348
	5,785	5,897	5,998	6,098	6,201	6,296	6,350
	5,788	5,903	6,000	6,100	6,204	6,298	6,344
	5,786	5,900	5,995	6,084	6,200	6,293	6,339
	5,781	5,893	6,003	6,098	6,207	6,293	6,347
	5,796	5,899	6,000	6,102	6,202	6,307	6,360
	5,800	5,908	6,011	6,105	6,211	6,307	6,352

Versuchsreihe 8

Doppelabdruck Reprosil heavy body - light body
Platzhalter 1,5 mm

Sollwert (mm)	5,800	5,900	6,000	6,100	6,200	6,300	6,350
Istwert des Stumpfes (mm)	5,784	5,895	6,000	6,091	6,189	6,288	6,330
	5,790	5,897	5,966	6,092	6,193	6,286	6,341
	5,783	5,878	5,979	6,075	6,178	6,286	6,348
	5,782	5,885	5,983	6,087	6,189	6,299	6,348
	5,796	5,899	6,002	6,102	6,198	6,301	6,351
	5,794	5,899	6,000	6,103	6,200	6,293	6,348
	5,800	5,898	6,003	6,098	6,204	6,304	6,361
	5,800	5,901	6,002	6,110	6,200	6,298	6,356
	5,796	5,895	6,002	6,106	6,205	6,307	6,350
	5,787	5,893	5,990	6,095	6,194	6,291	6,341
	5,781	5,880	5,978	6,079	6,184	6,286	6,347
	5,780	5,871	5,979	6,074	6,190	6,295	6,353
	5,815	5,909	6,000	6,090	6,190	6,305	6,354
	5,814	5,900	6,004	6,100	6,193	6,288	6,342
	5,805	5,900	5,998	6,102	6,206	6,302	6,356
	5,800	5,910	6,003	6,101	6,198	6,290	6,340
	5,794	5,885	5,987	6,096	6,194	6,289	6,340
	5,787	5,884	5,991	6,092	6,193	6,285	6,342
	5,782	5,891	5,995	6,102	6,199	6,312	6,352
	5,784	5,900	6,991	6,094	6,193	6,291	6,349

Versuchsreihe 9

Doppelmischabdruck Reprosil heavy body - light body

Sollwert (mm)	5,800	5,900	6,000	6,100	6,200	6,300	6,350
Istwert des Stumpfes (mm)	5,801	5,906	6,003	6,107	6,204	6,302	6,352
	5,802	5,902	6,011	6,103	6,204	6,304	6,352
	5,802	5,907	6,005	6,110	6,213	6,305	6,347
	5,797	5,907	6,006	6,102	6,201	6,295	6,340
	5,797	5,888	5,995	6,097	6,189	6,278	6,336
	5,799	5,897	5,998	6,098	6,195	6,289	6,341
	5,807	5,905	6,001	6,106	6,210	6,295	6,344
	5,798	5,905	5,999	6,094	6,206	6,302	6,354
	5,804	5,912	6,008	6,105	6,204	6,308	6,350
	5,896	5,903	5,999	6,102	6,200	6,299	6,343
	5,793	5,899	6,007	6,107	6,197	6,300	6,339
	5,792	5,900	6,006	6,110	6,201	6,296	6,338
	5,802	5,901	6,003	6,103	6,198	6,288	6,333
	5,805	5,900	6,005	6,103	6,199	6,292	6,337
	5,805	5,904	6,011	6,111	6,202	6,306	6,340
	5,806	5,909	6,009	6,109	6,209	6,309	6,357
	5,802	5,914	6,016	6,104	6,207	6,304	6,348
	5,805	5,915	6,012	6,109	6,197	6,305	6,352
	5,805	5,914	6,016	6,116	6,213	6,307	6,346
	5,811	5,911	6,011	6,110	6,211	6,314	6,357

Versuchsreihe 10

Einphasenabdruck Reprosil regular body

Sollwert (mm)	5,800	5,900	6,000	6,100	6,200	6,300	6,350
Istwert des Stumpfes (mm)	5,799	5,921	6,014	6,100	6,207	6,293	6,335
	5,797	5,917	6,019	6,115	6,215	6,300	6,349
	5,808	5,917	6,025	6,122	6,229	6,313	6,359
	5,816	5,923	6,023	6,116	6,220	6,302	6,356
	5,816	5,911	6,018	6,116	6,210	6,308	6,361
	5,814	5,921	6,020	6,116	6,219	6,304	6,361
	5,812	5,932	6,034	6,129	6,230	6,315	6,360
	5,815	5,930	6,039	6,136	6,226	6,324	6,370
	5,517	5,927	6,030	6,136	6,227	6,328	6,363
	5,810	5,921	6,020	6,130	6,229	6,335	6,382
	5,818	5,939	6,042	6,142	6,232	6,327	6,375
	5,821	5,939	6,038	6,119	6,206	6,301	6,349
	5,811	5,928	6,028	6,125	6,216	6,310	6,356
	5,810	5,917	6,021	6,116	6,218	6,305	6,353
	5,788	5,894	5,994	6,104	6,210	6,311	6,358
	5,787	5,895	6,004	6,108	6,207	6,304	6,340
	5,818	5,938	6,039	6,137	6,210	6,295	6,341
	5,819	5,941	6.035	6,144	6,235	6,307	6,339
	5,805	6,912	6,012	6,121	6,214	6,310	6,357
	5,813	5,917	6,021	6,116	6,213	6,306	6,358

Versuchsreihe 11

Doppelmischabdruck Surgident Neo-Plex regular body - light body

Sollwert (mm)	5,800	5,900	6,000	6,100	6,200	6,300	6,350
Istwert des Stumpfes (mm)	5,835	5,940	6,044	6,134	6,230	6,319	6,360
	5,845	5,968	6,062	6,137	6,237	6,318	6,362
	5,822	5,943	6,039	6,140	6,242	6,340	6,375
	5,820	5,929	6,031	6,137	6,241	6,339	6,383
	5,830	5,939	6,034	6,127	6,228	6,331	6,389
	5,835	5,933	6,035	6,127	6,231	6,328	6,372
	5,823	5,921	6,021	6,121	6,222	6,323	6,373
	5,828	5,928	6,019	6,117	6,220	6,312	6,374
	5,823	5,929	6,033	6,129	6,225	6,328	6,374
	5,830	6,956	6,040	6,128	6,228	6,318	6,380
	5,820	5,928	6,040	6,126	6,220	6,331	6,390
	5,823	5,929	6,027	6,116	6,222	6,325	6,380
	5,832	5,934	6,044	6,137	6,230	6,346	6,382
	5,831	5,945	6,041	6,134	6,239	6,339	6,381
	5,826	5,925	6,024	6,119	6,220	6,319	6,385
	5,823	5,927	6,025	6,121	6,223	6,318	6,377
	5.793	5,888	6,011	6,108	6,214	6,320	6,364
	5,805	5,894	5,997	6,108	6,220	6,320	6,379
	5,525	5,937	6,044	6,141	6,236	6,321	6,377
	5,819	5,930	6,028	6,123	6,229	6,332	6,375

Versuchsreihe 12

Stümpfe der Versuchsreihe II mit Cyan-Acrylat versiegelt

Schichtdicke (mm)		
	0,010	0,006
	0,004	0,011
	0,010	0,010
	0,007	0,009
	0,005	0,006
	0,003	0,007
	0,004	0,007
	0,004	0,008
	0,005	0,005
	0,007	0,008

Herrn Professor Dr. K. LEHMANN danke ich für die Überlassung des Themas und für seine hilfreiche und geduldige Unterstützung.

Das Correferat übernahm Herr Professor Dr. H. F. SCHMIDT.

Meine Schwägerin, Frau H. BECKMANN, war an der drucktechnischen Herstellung dieser Arbeit entscheidend beteiligt. Frau A. KREUZBERGER und Frau M. RITTER fertigten die fotografischen Abbildungen.

Allen diesen Personen danke ich für die freundliche Unterstützung.

Meine akademischen Lehrer waren die Damen und Herren Professoren und Dozenten an der Philipps-Universität, Marburg:

Ahrens, Amon, Balzer, Bernhard, Bode, Castenholz, Dimroth, Dietrich, Floréz, Friedrich, Haberich, Hilgermann, Hennis, Hensel, Heuser, Hering, Janke, Karlson, Koecke, Koransky, Lauer, Lehmann, Ludwig, Maroske, Niemeyer, Petry, Pfütz, Richter, Rohen, Rupec, Schienbein, Schiff, Schmidt, Schmitz-Mormann, Schneider, Schnell, Schulte-Hermann, Troidl, Walcher.

Lebenslauf

Als Tochter des Friedrich Lüder und seiner Ehefrau Lore Lüder, geb. Wever, wurde ich am 15.4.1951 in Dörverden/Weser geboren.

1954 verzogen wir nach Rodalben/Pfalz, wo ich 1958 eingeschult wurde. 1962 wechselte ich auf das Neusprachliche Gymnasium in Pirmasens über und legte dort 1970 die Reifeprüfung ab.

Im Sommersemester 1971 begann ich mit dem Studium der Zahnheilkunde an der Philipps-Universität Marburg. Am 10.4.1973 habe ich mich mit Jürgen Hartmann verheiratet, und am 7.8.1973 wurde unser Sohn Jörg geboren.

Im Dezember 1976 schloß ich das zahnärztliche Staatsexamen ab.

Seit dem 1.4.1977 bin ich als Zahnärztin in der Abteilung für Vorklinische Prothetik des Medizinischen Zentrums für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten in Marburg beschäftigt.

Citydruck · Haugerglacisstraße · 8700 Würzburg